



## ویروس کرونا و صنعت آب و فاضلاب



آقای دکتر عبدالله رشیدی مهرآبادی

دانشیار دانشگاه شهید بهشتی و عضو هیئت تحریریه

ویروس جدید کرونا SARS-CoV2 در مدت اندکی پس از نخستین ظهورش در آذرماه ۱۳۹۸ (دسامبر ۲۰۱۹) در ووهان چین، تبدیل به یک بحران جهانی شد به گونه‌ای که سازمان جهانی بهداشت WHO در ۲۱ اسفند ۱۳۹۸ (۱۱ مارس ۲۰۲۰) بیماری COVID-19 را به‌عنوان یک پاندمی شناسایی و معرفی نمود.

نگرانی از همه‌گیری‌ها در صنعت آب و فاضلاب دارای دو جنبه حفظ سلامت کارکنان، علی‌الخصوص در مشاغل کلیدی و حساس به‌منظور پایداری در بهره‌برداری تاسیسات، و نگرانی از انتقال عامل بیماری‌زا توسط آب، فاضلاب، پساب و یا لجن است. با اعلام وضعیت پاندمی COVID-19 مطالعات متعددی برای پاسخگویی به این نگرانی‌ها در نقاط مختلف دنیا انجام و نتایج این مطالعات منجر به توسعه روش‌های مناسبی برای حفظ سلامت کارکنان بر پایه فاصله‌گذاری فیزیکی و گندزدایی و ضدعفونی شد. علی‌رغم تحقیقات انجام شده از زمان وقوع همه‌گیری برای بررسی سرنوشت ویروس در تاسیسات آب و فاضلاب، به‌دلیل نوظهور بودن بیماری هنوز اطلاعات کاملی برای رفع نگرانی دوم در اختیار بهره‌برداران از این تاسیسات قرار نگرفته است، لیکن نتایج مطالعات و اقدامات قبلی در خصوص ویروس‌های مشابه، هم‌چنین آخرین دستاوردهای تحقیقاتی در مورد ویروس SARS-CoV2 می‌تواند به رفع برخی از این نگرانی‌ها کمک کند.

ویروس SARS-CoV2 از خانواده بزرگ کرونا ویروس‌ها (CoVs) است که برخی از آن‌ها مانند ویروس سندرم تنفسی خاورمیانه (MERS) و ویروس سندروم حاد تنفسی (SARS) قبلاً شناسایی شده‌اند و اطلاعات قابل توجهی در خصوص رفتار آن‌ها در سامانه‌های آب و فاضلاب وجود دارد. این ویروس جزو RNA ویروس‌های لفاف‌دار با اندازه Virion بین ۷۰ تا ۹۰ نانومتر است. مطالعه بار الکتریکی سطح ویروس‌های مشابه SARS-CoV2

نشان داده است که پتانسیل زتای سطح ویروس در pH بالاتر از پنج واحد، به‌شدت منفی و مشابه اغلب ذرات کلوییدی متداول در آب خام ورودی به تصفیه‌خانه‌های متعارف آب است. لذا به‌نظر می‌رسد روش‌های متداول انعقاد و لخته‌سازی می‌تواند باعث گیر افتادن بخشی از ویروس‌ها در لخته‌ها و حذف از آب در واحدهای زلال‌ساز و یا فیلترها شود.

براساس تحقیقات انجام شده ویروس SARS-CoV2 متناسب با دمای محیط بین دو ساعت تا ۲۸ روز روی سطوح مختلف ماندگاری دارد و کاهش دما تاثیر قابل توجهی در افزایش این زمان خواهد داشت. علی‌رغم ماندگاری ویروس در آب تاکنون موردی از انتقال بیماری از طریق آب گزارش نشده است. به‌طورکلی ویروس‌های لفاف‌دار به‌دلیل حساسیت و آسیب‌پذیری پوشش بیرونی نسبت به عوامل محیطی، از پایداری کمتری نسبت به ویروس‌های فاقد لفاف برخوردارند. مطالعات نشان داده است که ویروس SARS-CoV2 در آب آلوده به مدفوع بین چند روز تا چند هفته آلوده کننده باقی خواهد ماند. لذا خطر آلودگی به ویروس در تصفیه‌خانه‌های آب سطحی که در بالادست آن‌ها فاضلاب خام تخلیه می‌شود، بسیار زیاد است.

در یک مورد نادر از شناسایی SARS-CoV2 در شبکه آبرسانی، شهرداری پاریس در ۳۱ فروردین ۱۳۹۹ (2020 April) 19) خبر از شناسایی ویروس در شبکه آب غیرشرب این شهر داد. قابل‌ذکر است که منبع تامین آب این شبکه، آب خام رودخانه و کانال بوده و تصفیه آن نیز محدود به آشغالگیری و دانه‌گیری است.

سازمان جهانی بهداشت اعتقاد دارد تصفیه‌خانه‌های متعارف آب دارای فیلتراسیون و گندزدایی می‌توانند ویروس SARS-CoV2 را به‌اندازه کافی حذف و یا غیرفعال کنند. اغلب استانداردها و رهنمودهای کیفی آب، حذف ویروس‌ها را به‌میزان حداقل  $4 \log$  (۹۹/۹۹٪) در فرایندهای تصفیه آب، ضروری می‌دانند. علی‌رغم این که به‌دلیل ایجاد کمپلکس بین کاتیون‌های منعقدکننده و گروه‌های سطحی روی پروتئین‌های غشاء ویروس و گیر افتادن در لخته‌ها، حذفی معادل حداقل  $2 \log$  در فرایندهای انعقاد، لخته‌سازی و زلال‌سازی دور از انتظار نیست، به‌دلیل نوسان در کارایی این واحدها، وظیفه اصلی حذف ویروس در تصفیه‌خانه‌های آب برعهده فرایندهای فیلتراسیون و گندزدایی گذاشته شده است.

نتایج مطالعات قبلی موید حداقل  $2 \log$  حذف ویروس‌ها در فرایند فیلتراسیون است. کدورت آب فیلتر شده مهم‌ترین شاخص برای اطمینان از عملکرد کیفی مناسب فیلترها است و مطالعات متعددی نشان داده‌اند برای حذف مناسب عوامل بیماری‌زا،

می‌شود. به‌عنوان مثال وجود ۰/۵ میلی‌گرم کلر آزاد باقی‌مانده پس از ۳۰ دقیقه زمان تماس، این میزان حذف را ایجاد خواهد کرد. در این شرایط، با توجه به حساس‌تر بودن ویروس SARS-CoV2 نسبت به گندزدایی در مقایسه با ویروس‌های روده‌ای، میزان غیرفعال شدن آن در فرایند گندزدایی کافی خواهد بود. در مجموع با توجه به آن‌چه تاکنون در خصوص ویروس SARS-CoV2 می‌دانیم، به‌نظر می‌رسد با رعایت موارد فوق‌الذکر نگرانی از انتقال ویروس در تاسیسات آب و فاضلاب حداقل خواهد بود.

کدورت آب فیلتر شده باید کمتر از ۰/۳ NTU باشد. همچنین به‌دلیل حساسیت و آسیب‌پذیری ویروس‌های لفاف‌دار نسبت به مواد اکسیدکننده و حلال‌ها، گندزدایی با غلظت و زمان تماس مناسب می‌تواند باعث غیرفعال شدن حداقل  $2 \log$  از آن‌ها شود. براساس رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت، حضور ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر، کلر آزاد باقی‌مانده پس از ۳۰ دقیقه زمان تماس برای غیرفعال‌سازی ویروس‌ها در حد مورد انتظار کافی است. در شبکه توزیع آب نیز حفظ همین مقدار کلر آزاد باقی‌مانده برای اطمینان از عدم وجود ویروس فعال کافی است.

هرچند تاکنون گواهی دال بر انتقال بیماری COVID-19 از طریق فاضلاب وجود ندارد، لیکن وجود ویروس SARS-CoV2 در فاضلاب مناطق درگیر با همه‌گیری در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. در این مطالعات باقی‌مانده RNA ویروس در مدفوع بیماران و همچنین شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب شناسایی و جداسازی شده است. این موضوع توجه محققین را به مطالعات اپیدمیولوژی بر پایه فاضلاب WBE جلب کرده است. در این مطالعات براساس غلظت RNA ویروس در فاضلاب و مقایسه با متوسط غلظت آن در مدفوع افراد بیمار، تعداد بیماران در ناحیه تحت پوشش شبکه فاضلاب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به‌دلیل وجود ویروس در مدفوع بیماران از حدود سه روز پس از شروع بیماری، ارزیابی وضعیت کلی شیوع بیماری بسیار سریع‌تر از روش‌های متداول خواهد بود. با استفاده از این روش علاوه بر میزان شیوع بیماری، اثربخشی سیاست‌های کنترلی نیز با سرعت بیشتر و هزینه کمتر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که این روش نمی‌تواند جایگزین تست‌های انفرادی شناسایی بیمار شود.

برخی منابع خطر انتقال بیماری از طریق آئروسول‌های تولیدی در بخش‌های مختلف سامانه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب را مورد توجه قرار داده‌اند. مثال‌هایی از محل‌های انتشار آئروسول شامل آدم‌روهای ریزشی در شبکه جمع‌آوری فاضلاب و هوادهای سطحی در مخازن هوادهی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هستند.

مطالعات قبلی نشان داده‌است برخی واحدها و فرایندهای تصفیه فاضلاب قادر به حذف و یا غیرفعال‌سازی ویروس‌ها هستند. به‌عنوان مثال حذف تا  $2 \log$  ویروس در فرایندهای تصفیه ثانویه فاضلاب، بسته به نوع فرایند قابل‌دسترسی است. لیکن به‌دلیل پایین بودن قابلیت اطمینان و تاثیر عوامل متعدد روی این میزان حذف، نقش اصلی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برعهده فرایند گندزدایی گذاشته شده است. بدین منظور غلظت و زمان تماس گندزدا برای حداقل  $4 \log$  حذف ویروس‌های روده‌ای انتخاب